

УДК 628.98

О. О. Щербінін, асп.

Харківський національний
університет міського господарства
імені О. М. Бекетова
61002, м. Харків, вул. Револуції, 12,
тел.: (057) 707-33-38,

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЙМАЧІВ З ЗАЛЕЖНОСТЮ ІХ ВІД ІНТЕНСИВНОСТІ ОПРОМІНЮВАННЯ

В світлотехнічній практиці мається ряд приймачів, спектральна чутливість яких змінюється в залежності від інтенсивності впливу випромінювання. До таких типів приймачів відносяться рослини, око людини і т. д. Якщо розглядати вплив випромінювання на бактерії, які вирощуються в реакторі, використовують величину середньо сферичної опроміненості, для лакофарбових покриттів - горизонтальну опроміненість, для ока людини - яскравість об'єкта спостереження. Функція спектральної чутливості приймача дає можливість порівнювати вплив інтенсивності випромінювання джерел різного типу при зміні умови освітлення або опромінення. Спектральну чутливість в будь-якому діапазоні бажано отримати на основі двох функцій спектральної чутливості на краях робочих діапазонів.

Якщо розглядати око людини, то такими функціями є нормалізовані функції відносної спектральної світлової ефективності випромінювання для денного зору $V(\lambda)$ і нічного зору $V'(\lambda)$. Це нормовані функції з відомими проміжними значеннями[1]. Нами розглянуто можливість отримання проміжних функцій на основі $V(\lambda)$ і $V'(\lambda)$.

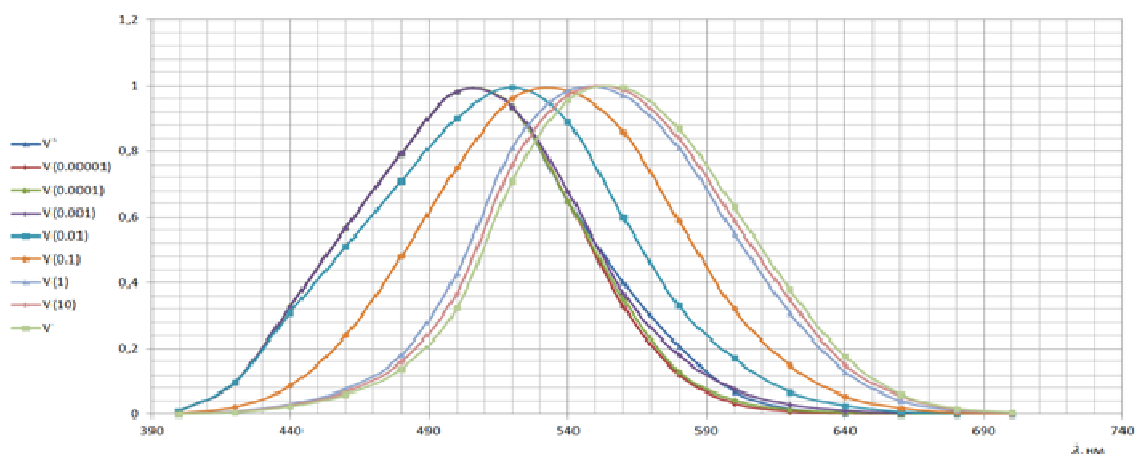


Рис. 1 – Нормалізовані функції відносної спектральної світлової ефективності випромінювання з урахуванням мезопічної чутливості органу зору (МКО)

Розроблений метод полягає в поданні функції відносної спектральної світлової ефективності випромінювання для приримеркового зору наступним виразом[2, 3]:

$$V_{ек}(\lambda, L_{ек}) = K_1(\lambda, L_{ек}) \cdot V'(\lambda) + K_2(\lambda, L_{ек}) \cdot V(\lambda) \quad (1)$$

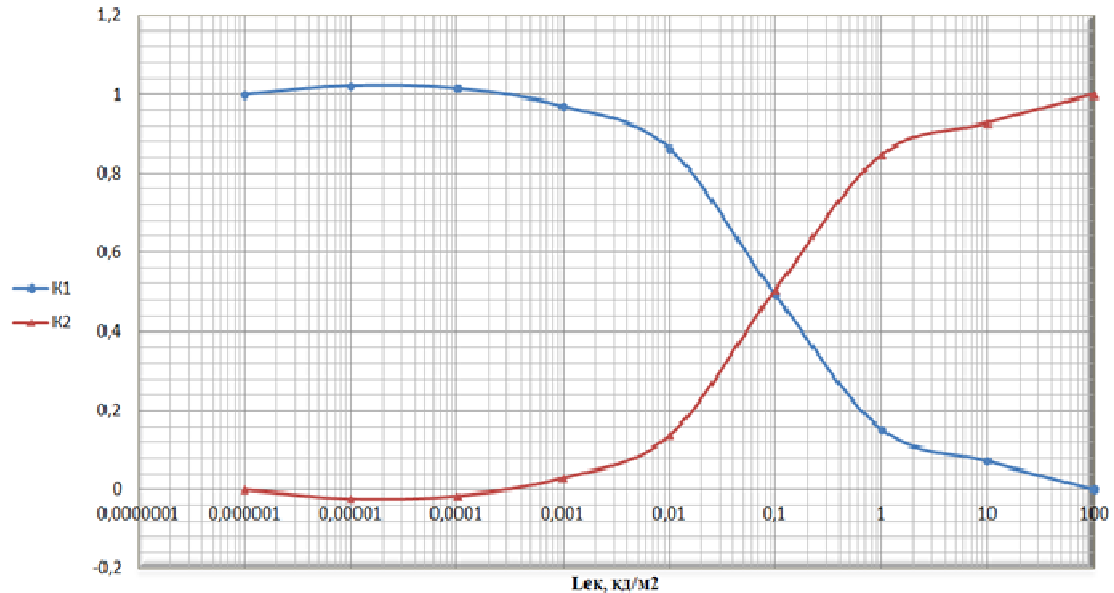


Рис. 2 – Залежність коефіцієнтів K_1 і K_2 від еквівалентної яскравості $L_{ек}$

Перетворюючи вираз (1) можна обчислити коефіцієнти K_1 і K_2 для різних значень $L_{ек}$

$$K_1(\lambda, L_{ек}) = \frac{V_{ек}(\lambda, L_{ек}) - K_2(\lambda, L_{ек}) \cdot V(\lambda)}{V'(\lambda)}; \quad (2)$$

Оскільки $K_1 + K_2 = 1$ маємо:

$$\begin{aligned} K_1(\lambda, L_{ек}) &= \frac{V_{ек}(\lambda, L_{ек}) - (1 - K_1(\lambda, L_{ек})) \cdot V(\lambda)}{V'(\lambda)} = \frac{V_{ек}(\lambda, L_{ек}) - (V(\lambda) - K_1(\lambda, L_{ек}) \cdot V(\lambda))}{V'(\lambda)} = \\ &= \frac{V_{ек}(\lambda, L_{ек}) - V(\lambda) + K_1(\lambda, L_{ек}) \cdot V(\lambda)}{V'(\lambda)}; \end{aligned} \quad (3)$$

$$K_1(\lambda, L_{ек}) \cdot V'(\lambda) = V_{ек}(\lambda, L_{ек}) - V(\lambda) + K_1(\lambda, L_{ек}) \cdot V(\lambda);$$

$$K_1(\lambda, L_{ек}) \cdot V'(\lambda) - K_1(\lambda, L_{ек}) \cdot V(\lambda) = V_{ек}(\lambda, L_{ек}) - V(\lambda);$$

$$K_1(\lambda, L_{ек}) = \frac{V_{ек}(\lambda, L_{ек}) - V(\lambda)}{V'(\lambda) - V(\lambda)}; \quad (4)$$

$$K_2(\lambda, L_{ек}) = \frac{V_{ек}(\lambda, L_{ек}) - V'(\lambda)}{V(\lambda) - V'(\lambda)}; \quad (5)$$

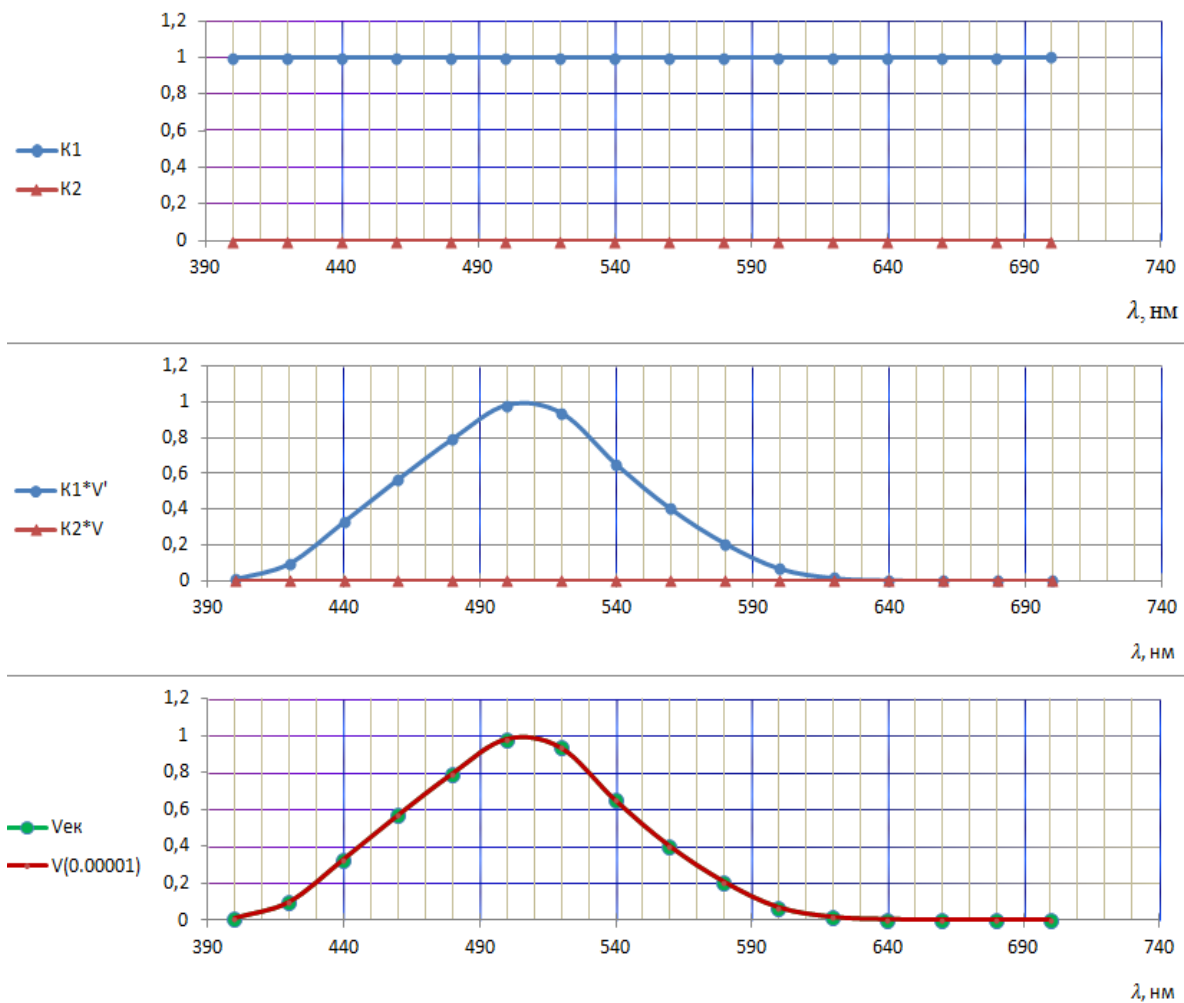


Рис. 3 – Значення коефіцієнтів K_1 і K_2 . Розрахункові значення $V_{ек}(\lambda, L_{ек})$ для

$$L_{ек} < 10^{-5} \kappa \partial / M^2$$

На рисунку наведено результати розрахунків для $L_{ек} < 10^{-5} \kappa \partial / M^2$, де видно що $K_1 = 1$ і $K_2 = 0$ і в цьому випадку функція $V_{ек}(\lambda, L_{ек})$ відповідає нормалізованій функції відносної спектральної світлової ефективності випромінювання для нічного зору (МКО).

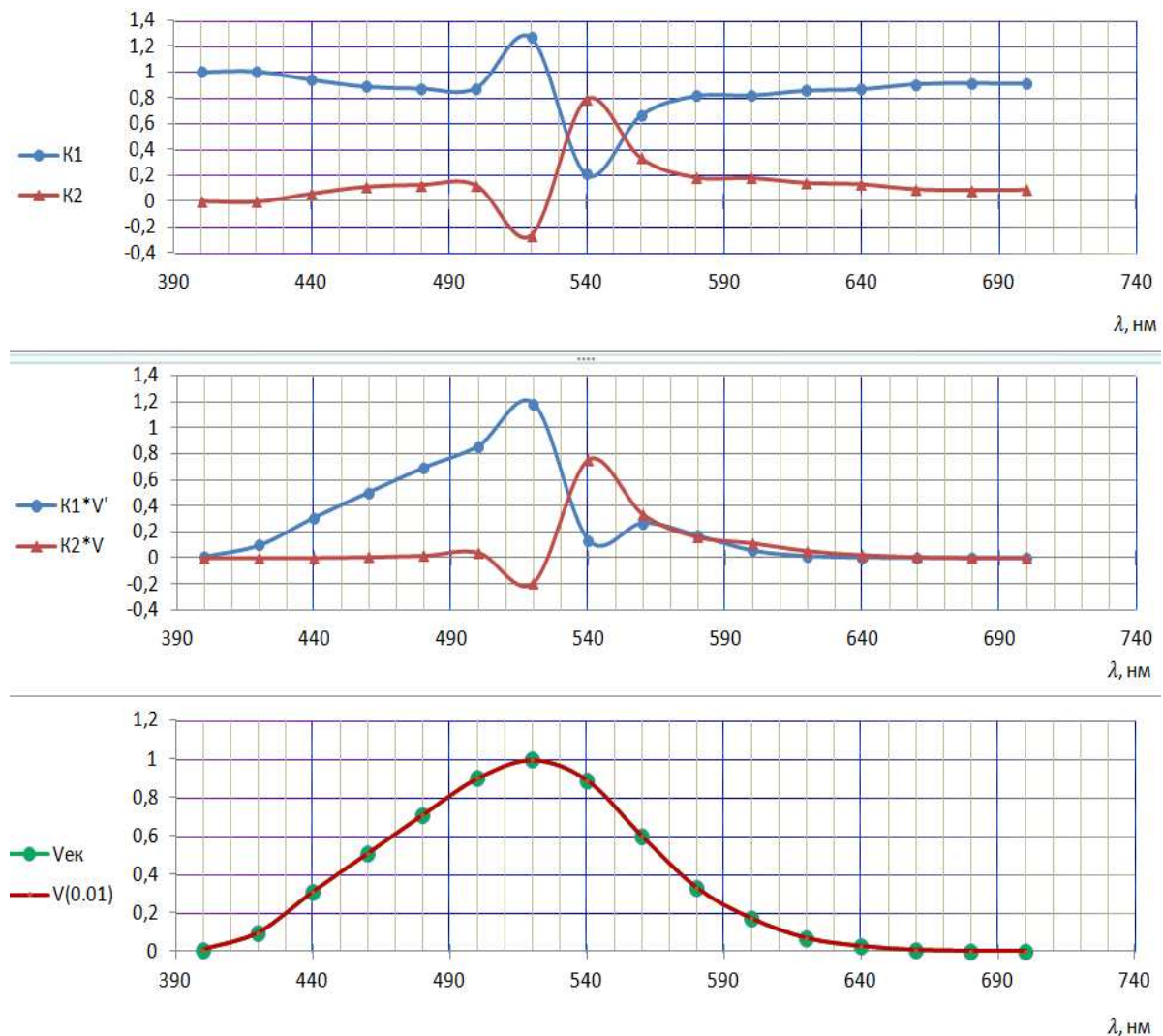


Рис. 4 – Значення коефіцієнтів K_1 і K_2 . Розрахункові значення $V_{ek}(\lambda, L_{ek})$ для

$$L_{ek} = 10^{-2} \kappa \partial / m^2$$

В якості прикладу розрахунки наведені для еквівалентної яскравості $L_{ek} = 10^{-2} \kappa \partial / m^2$. Помітна деяка не монотонність і в деяких областях спектра наявні істотні зміни. Так як ці функції засновані на дослідженні тільки двох функцій $V(\lambda)$ і $V'(\lambda)$, отже, відхилення можуть бути пов'язані з особливостями трьох кольоросприймаючих аналізаторів, для яких спектральна чутливість може змінюватися не пропорційно.

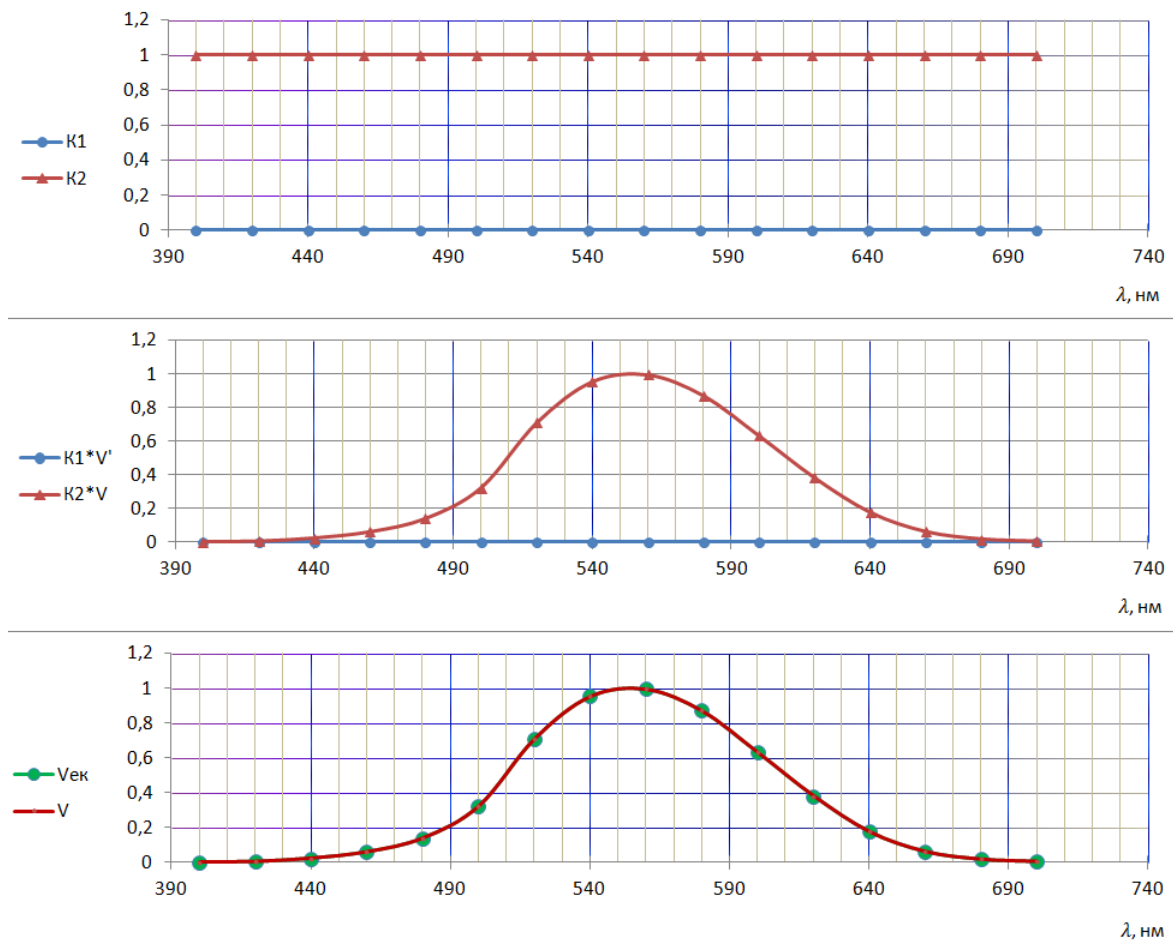


Рис. 5 – Значення коефіцієнтів K_1 і K_2 . Розрахункові значення $V_{ek}(\lambda, L_{ek})$ для

$$L_{ek} = 100 \frac{\kappa d}{M^2}$$

Наведена методика дає можливість побудови різних схем вимірювання еквівалентної яскравості L_{ek} на основі декількох приймачів випромінювання з регульованою спектральною чутливістю. На наступному рисунку наведена 3D діаграма зміни коефіцієнтів K_1 і K_2 для всього діапазону L_{ek}

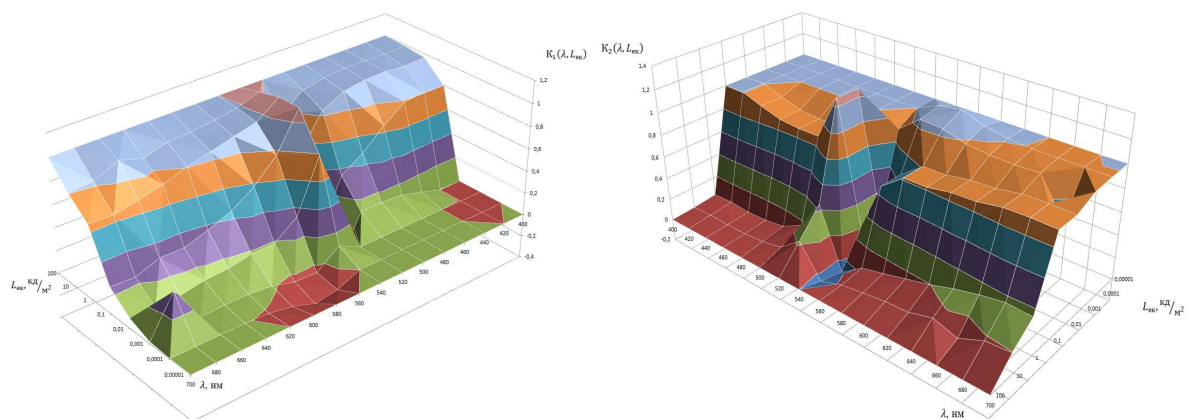


Рис. 6 – 3D діаграма коефіцієнтів K_1 і K_2

При проміжних значеннях яскравості показано зміна коефіцієнтів K_1 і K_2 в залежності від довжини хвилі λ . Поблизу максимуму спектральної чутливості виникають суттєві відхилення у вигляді від'ємних значень коефіцієнтів K_1 і K_2 в діапазоні довжин хвиль 500-600 нм при різних значеннях $L_{ек}$, які ймовірно пов'язані з розбіжністю спектральної чутливості ока і сумування основних нормалізованих функцій відносної спектральної світлової ефективності $V(\lambda)$ і $V'(\lambda)$ при певному значенні еквівалентної яскравості $L_{ек}$. В подальшому потрібен аналіз спектральних характеристик ока і виявлення відхилень функцій чутливості трьох типів колбочок.

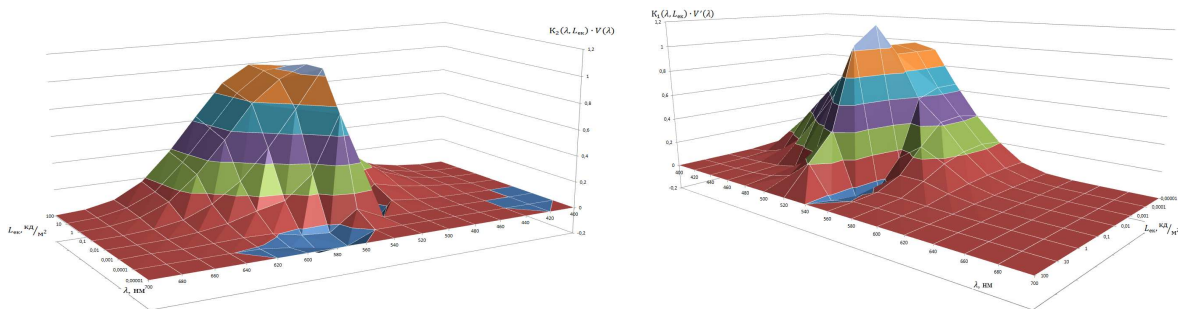


Рис. 7 – Значення $K_1(\lambda, L_{ек}) V'(\lambda)$ і $K_2(\lambda, L_{ек}) V(\lambda)$

На рисунку зображені значення $K_1(\lambda, L_{ек}) V'(\lambda)$ і $K_2(\lambda, L_{ек}) V(\lambda)$ які відображають внесок кожної з основних нормалізованих функцій $V(\lambda)$ і $V'(\lambda)$ в результуюче значення $V_{ек}(\lambda, L_{ек})$.

Наведена методика дає можливість отримувати точні значення функцій $V_{ек}(\lambda, L_{ек})$ для будь-якого значення $L_{ек}$, а не тільки через порядок величини.

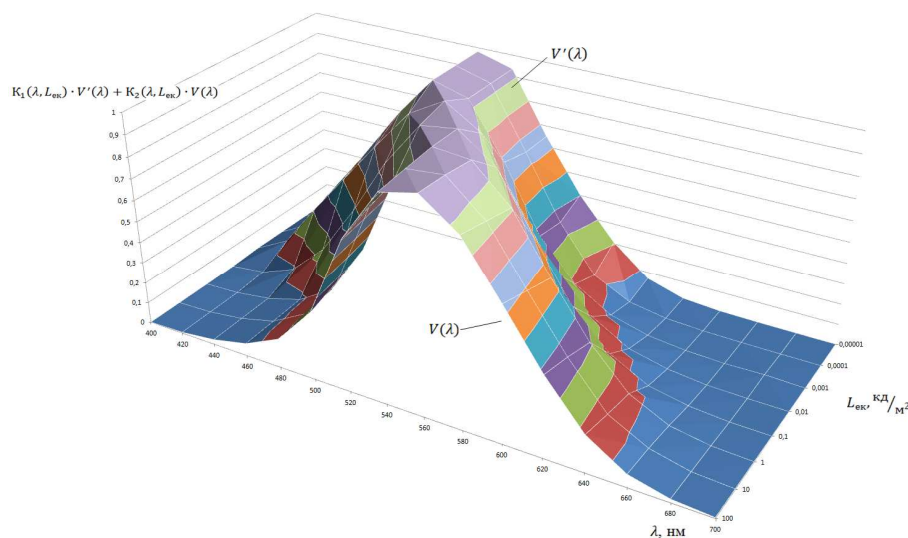


Рис. 8 – Сімейство кривих $V_{ек}(\lambda, L_{ек})$

Таким чином результати досліджень показали, що використання 2х коефіцієнтів K_1 і K_2 , які залежать від інтенсивності впливу випромінювання і спектральної ефективності випромінювання для крайніх робочих діапазонів, в даному випадку від $L_{\text{ек}} = 10^{-5} \text{ КД/м}^2$ до $L_{\text{ек}} = 10^2 \text{ КД/м}^2$, дозволяє отримувати, з високою точністю, криві спектральної чутливості (спектральної ефективності) у мезопічній області зору.

Робота виконана під керівництвом професора Овчинникова С.С.

Список літератури

1. Волькинштейн А. А. Визуальная фотометрия малых яркостей / А. А. Волькинштейн // Изд. ЭНЕРГИЯ. – 1965. – С. 133–134.
2. Серобаба А. А. Изменение спектральной световой эффективности излучения при уменьшении яркости как результат перестройки взаимодействия световоспринимающих рецепторов / А. А. Серобаба, С. С. Овчинников // Светотехника и электроэнергетика – 2010. – №1. – С. 46-47.
3. Мезенцев В.В. Методика расчета и принципы измерения яркости в переходной области адаптации/ В. В. Мезенцев // Коммунальное хозяйство городов. – 2001. – №30. – С. 220-224.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЕМНИКОВ С ЗАВИСИМОСТЬЮ ИХ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБЛУЧЕНИЯ

О. О. Щербинин

В статье рассматривается возможность построения спектральной чувствительности приемника излучения, зависящей от интенсивности воздействия излучения, путем смешивания спектральной чувствительности на краях рассматриваемого диапазона.

ANALYTICAL CALCULATION OF SPECTRAL CHARACTERISTICS RECEIVER IN THEIR DEPENDENCE ON THE IRRADIATION INTENSITY

O. Shcherbinin

The Paper focus is on possibility of constructing spectral characteristic radiation detector which depends on the intensity of exposure based on mixing spectral sensitivity at the edges of the considered range.